



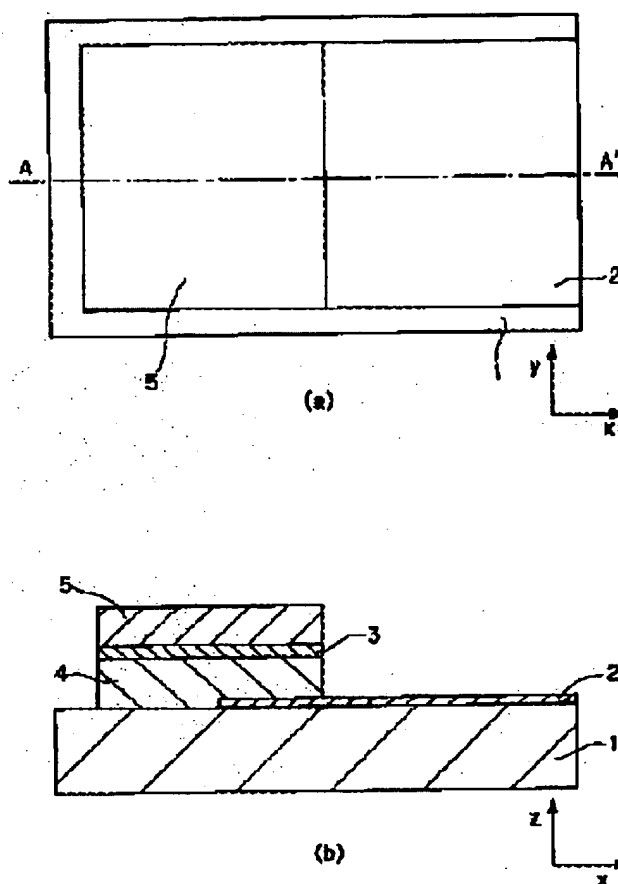
# ELECTRON DISCHARGE ELEMENT, ELECTRON SOURCE AND IMAGING DEVICE

**Patent number:** JP2003051244  
**Publication date:** 2003-02-21  
**Inventor:** SATO TAKAHIRO; TSUKAMOTO TAKEO  
**Applicant:** CANON INC  
**Classification:**  
 - International: H01J1/304; H01J9/02; H01J29/04; H01J31/12  
 - european:  
**Application number:** JP20010239899 20010807  
**Priority number(s):**

## Abstract of JP2003051244

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an electron discharge element enabled to have high efficiency, high reliability, a high speed driving, a low consumption electric power, and a high process yield, to cope with a large area substrate and to cope with high precision, and provide an electron source and an imaging device.

**SOLUTION:** As seen from the upper face of a substrate 1, a part of an insulation film 4 and a negative electrode 3 is installed, so as to be hung and covered over the extraction electrode 2.



Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**Family list**

1 family member for:

**JP2003051244**

Derived from 1 application.

**1 ELECTRON DISCHARGE ELEMENT, ELECTRON SOURCE AND  
IMAGING DEVICE**

Publication info: **JP2003051244 A** - 2003-02-21

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-51244

(P2003-51244A)

(43)公開日 平成15年2月21日(2003.2.21)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーム(参考)
H 0 1 J	1/304	H 0 1 J	B 5 C 0 3 1
	9/02		5 C 0 3 6
	29/04		C
	31/12		F

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願2001-239899(P2001-239899)

(22)出願日 平成13年8月7日(2001.8.7)

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 佐藤 崇広

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(72)発明者 塚本 健夫

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(74)代理人 100085006

弁理士 世良 和信 (外2名)

Fターム(参考) 5C031 DD17 DD19

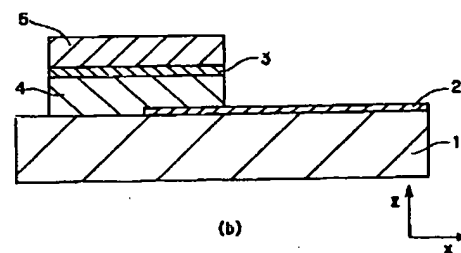
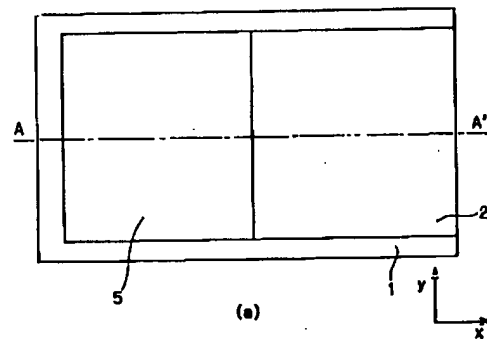
5C036 EE01 EE14 EG12 EG15

(54)【発明の名称】 電子放出素子、電子源及び画像形成装置

(57)【要約】

【課題】 高効率、高信頼性、高速駆動可能、低消費電力、高プロセス歩留まり、大面積基板対応可能、高精細に対応可能な電子放出素子、電子源、及び画像形成装置を提供する。

【解決手段】 基板1の上面から見て絶縁膜4と陰極3との一部分が引き出し電極2に覆い被さるように設ける。



【特許請求の範囲】

【請求項1】平面を有する絶縁性の基板と、  
前記基板上に設けられた第1の電極と、  
前記第1の電極と対向して配置され、前記基板上に絶縁層を介して設けられる第2の電極と、  
前記第2の電極上に設けられ、該第2の電極と電氣的に接続された電子放出部材と、  
を備えた電子放出素子において、  
前記絶縁層と前記第2の電極との一部領域は、前記第1の電極の一部領域を介して前記基板上に積層されていることを特徴とする電子放出素子。

【請求項2】前記電子放出部材のうち前記第2の電極の前記一部領域に設けられた領域の前記第1の電極側の端部の幅を $L2$ とし、  
前記端部に相対する前記第1の電極の幅を $L1$ とした場合に、  
 $L2 > L1$ となることを特徴とする請求項1に記載の電子放出素子。

【請求項3】前記第2の電極は、前記絶縁層上の一部領域に設けられていることを特徴とする請求項1または2に記載の電子放出素子。

【請求項4】前記基板に直交する方向に投影した場合に、前記絶縁層と前記第2の電極との一部領域が積層されていない前記第1の電極の領域と、該第1の電極上に設けられた該第2の電極の領域とは、該絶縁層を介して設けられていることを特徴とする請求項1、2または3に記載の電子放出素子。

【請求項5】前記電子放出部材は、前記第2の電極上であって、該第1の電極の一部領域に略対向した一部領域に設けられることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の電子放出素子。

【請求項6】平面を有する絶縁性の基板と、  
前記基板上に設けられた引き出し電極と、  
前記引き出し電極と対向して配置され、前記基板上に絶縁膜を介して設けられる陰極と、  
前記陰極上に設けられ、前記陰極と電氣的に接続された電子放出部材と、  
前記電子放出部材から放出された電子が到達する前記基板に平行に対向し設けられた陽極と、  
前記陰極と前記引き出し電極との間に電圧を印加する第1の電圧印加手段と、  
前記陰極と前記陽極との間に電圧を印加する第2の電圧印加手段と、  
を備えた電子放出素子において、  
前記基板の上面から見て前記絶縁膜と前記陰極との一部分が前記引き出し電極に覆い被さっていることを特徴とする電子放出素子。

【請求項7】前記引き出し電極の幅であって、前記絶縁膜と前記陰極との一部分が覆い被さる方向に略直交する方向の幅を $L1$ とし、

前記陰極の前記一部分のうち前記引き出し電極側の端部の幅を $L2$ とした場合に、  
 $L2 > L1$ となることを特徴とする請求項6に記載の電子放出素子。

【請求項8】前記陰極の前記引き出し電極と対向している側において、前記陰極が前記絶縁膜の上面を全て覆っておらず、前記絶縁膜の上面の一部が露出していることを特徴とする請求項6または7に記載の電子放出素子。

【請求項9】前記電子放出部材が前記陰極上の前記引き出し電極と対向する側付近に設けられていることを特徴とする請求項6、7または8に記載の電子放出素子。

【請求項10】前記電子放出部材は、炭素を主成分とする材料で構成されていることを特徴とする請求項1乃至9のいずれか1項に記載の電子放出素子。

【請求項11】前記炭素を主成分とする材料は、繊維状カーボンの集合体であることを特徴とする請求項10に記載の電子放出素子。

【請求項12】前記繊維状カーボンの集合体は、触媒微粒子を介して成長したグラファイトナノファイバー、カーボンナノチューブ、アモルファスカーボンもしくはこれらの混合物からなることを特徴とする請求項11に記載の電子放出素子。

【請求項13】前記触媒微粒子は、Pd, Ni, Fe, Co若しくはこれらの合金からなることを特徴とする請求項12に記載の電子放出素子。

【請求項14】請求項1乃至13のいずれか1項に記載の電子放出素子を複数個並列に配置し結線してなる素子列を少なくとも1列以上有してなることを特徴とする電子源。

【請求項15】請求項1乃至13のいずれか1項に記載の電子放出素子を複数個配列してなる素子列を少なくとも1列以上有し、該素子を駆動するための配線がマトリクス配置されていることを特徴とする電子源。

【請求項16】請求項14または15に記載の電子源と、該電子源から放出された電子によって画像を形成する画像形成部材と、を備えることを特徴とする画像形成装置。

【請求項17】前記画像形成部材は、電子の衝突によって発光する蛍光体であることを特徴とする請求項16に記載の画像形成装置。

【請求項18】情報信号により各電子放出素子の電子量を制御する機構を備えたことを特徴とする請求項16または17に記載の画像形成装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電子放出素子、電子源、及び画像形成装置に関するものであり、テレビ放送の表示装置、パソコンの表示装置などに適用することができる。

【0002】

【従来の技術】近年、画像形成装置として液晶を用いた平板型表示装置がCRTに替わって普及してきた。

【0003】しかし、液晶を用いた平板型表示装置は自発光型ではないためにバックライトを必要とし、さらに消費電力が高いなどの問題を有している。

【0004】この問題を解決する一つ的手段として、一面素当たり一つもしくは複数の電界放出型(FE型)電子放出素子を備える自発光型の表示装置が提案されている。この自発光型の表示装置であればCRTと同程度の輝度と、消費電力が達成可能であり、さらに薄くて軽い画像形成装置を作製できる。

【0005】従来のFE型電子放出素子としては、スピント型と呼ばれる金属製の円錐または角錐のエミッタを備えるものがよく知られている。

【0006】例えば、C. A. Spindt, "Physical properties of thin-film field emission cathodes with molybdenum cones", J. Appl. Phys., 47, 5248 (1976)に開示されている。

【0007】これによれば、フォトリソグラフィの手法を用いて、数十 $\mu\text{m}$ の間隔で電子放出素子を配列することが可能であり、画像形成装置の一面素内にいくつかの電子放出素子を作り込むことができる。

【0008】また、電子放出部材として炭素繊維を用いたFE型電子放出素子が特開平11-111161号公報にて提案されている。

【0009】カーボンナノチューブなどの炭素繊維は直径が数十から数百nmと非常に細く、さらに $\mu\text{m}$ オーダーの長さを有することから非常に縦横比(アスペクト比)が大きくなっており、また先端が尖鋭になっている。

【0010】このことから、電界中の炭素繊維の先端では電界が強調され、比較的小さな電界中でも電子放出が起こる。また機械的にも丈夫であることから、現在炭素繊維は電子放出部材としては最も優れているものとなっている。

【0011】また、消費電力を少なくするなどの観点から電子放出素子では、陰極から引き出された電子の数に対して、陽極に到達した電子の数の比(効率)、が非常に重要である。

【0012】一般的な陰極、引き出し電極、陽極からなる電子放出素子では、陰極から放出された電子は陽極に到達する前に、引き出し電極に衝突、吸収されて効率がかなり下がってしまう。

【0013】この効率を上げるためには陰極、引き出し電極、陽極の位置関係が非常に重要であり、様々な工夫を凝らした構成が提案されている。

【0014】例えばJ. M. Kim, et al, "Carbon Nanotube-based Field Emission Displays with Triode Structure", Proceedings of The Seventh International Display Workshops, 1003, (2000)に効率を上げるための工夫を凝らした陰極、引き出し電極、陽極の位置関係が示されている(図11)。

【0015】ここでは、引き出し電極102が陰極103から見て、陽極(図示せず)と反対側に設けられている。

【0016】この構成にすると、引き出し電極102によって陰極103上のカーボンナノチューブ105から引き出された電子が引き出し電極102に衝突する前に、陽極に引き寄せられる軌道に乗せることができる。

【0017】すると、放出された電子は引き出し電極102に衝突、吸収されずに陽極に到達し、電子放出素子の効率をあげることができる。すなわち、効率の良い電子放出素子を作製するために理想的な電極配置となっている。

【0018】【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のような従来技術の場合には、下記のような問題が生じていた。

【0019】前述した引き出し電極は、陰極から見て陽極と反対側に設けられており、さらに、陰極の下部全てに引き出し電極が存在している構成にすると、引き出し電極と陰極の間の寄生容量が大きくなり、電子放出素子を高速で駆動することができない。

【0020】そればかりか容量成分による消費電力が増大してしまう。

【0021】また、寄生容量を低減するためにポリイミド106を積んで引き出し電極と陰極との間の距離を大きくしてあるが、ポリイミド106をスピンコートで塗布しているため厚さの面内不均一性が発生し、しいては電子放出素子の電子放出しきい値の面内分布にばらつきができる。

【0022】また、ポリイミドのような有機成分を含むことで、プロセス温度の上限が低下し、さらにデバイスとしての信頼性も低下してしまう。

【0023】本発明は上記の従来技術の課題を解決するためになされたもので、その目的とするところは、高効率、高信頼性、高速駆動可能、低消費電力、高プロセス歩留まり、大面積基板対応可能、高精細に対応可能な電子放出素子、電子源、及び画像形成装置を提供することにある。

【0024】【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明にあつては、平面を有する絶縁性の基板と、前記基板上に設けられた第1の電極と、前記第1の電極と対向して配置され、前記基板上に絶縁層を介して設けら

れる第2の電極と、前記第2の電極上に設けられ、該第2の電極と電気的に接続された電子放出部材と、を備えた電子放出素子において、前記絶縁層と前記第2の電極との一部領域は、前記第1の電極の一部領域を介して前記基板上に積層されていることを特徴とする。

【0025】これにより、寄生容量が低減できるため高速駆動、低電力消費が可能になり、さらに引き出し電極と陰極との距離が絶縁膜の厚さだけでコントロールでき、膜厚むらが問題にならない程度の面積の基板に応用することが可能となる。

【0026】前記電子放出部材のうち前記第2の電極の前記一部領域に設けられた領域の前記第1の電極側の端部の幅を $L2$ とし、前記端部に相対する前記第1の電極の幅を $L1$ とした場合に、 $L2 > L1$ となることも好適である。

【0027】これにより、電子ビームの広がりを抑制する事が可能である。

【0028】前記第2の電極は、前記絶縁層上の一部領域に設けられていることも好適である。

【0029】前記基板に直交する方向に投影した場合に、前記絶縁層と前記第2の電極との一部領域が積層されていない前記第1の電極の領域と、該第1の電極上に設けられた該第2の電極の領域とは、該絶縁層を介して設けられていることも好適である。

【0030】これにより、カーボンナノチューブなどの炭素繊維を電子放出部材として使用したときに、万が一炭素繊維が陰極から垂れ下がってしまったときにも、第1の電極と第2の電極とがショートする事態を回避できるのでデバイスの歩留まりを向上することができる。

【0031】前記電子放出部材は、前記第2の電極上であって、前記第1の電極の一部領域に略対向した領域に設けられることも好適である。

【0032】これにより、例えば電子放出素子を多数集積するときに、放出させたい電子放出素子に隣接する他の電子放出素子の第1の電極によって、意図しない方向に電子が引き出される心配が無くなる。さらには、第2の電極の第1の電極と対向していない側に他の第1の電極を近づけられるので、電子放出素子同士の距離を小さくすることが可能になり、電子放出素子を高密度に集積できる。

【0033】平面を有する絶縁性の基板と、前記基板上に設けられた引き出し電極と、前記引き出し電極と対向して配置され、前記基板上に絶縁膜を介して設けられる陰極と、前記陰極上に設けられ、前記陰極と電気的に接続された電子放出部材と、前記電子放出部材から放出された電子が到達する前記基板に平行に対向し設けられた陽極と、前記陰極と前記引き出し電極との間に電圧を印加する第1の電圧印加手段と、前記陰極と前記陽極との間に電圧を印加する第2の電圧印加手段と、を備えた電子放出素子において、前記基板の上面から見て前記絶縁

膜と前記陰極との一部分が前記引き出し電極に覆い被さっていることを特徴とする電子放出素子。

【0034】これにより、寄生容量が低減できるため高速駆動、低電力消費が可能になり、さらに引き出し電極と陰極との距離が絶縁膜の厚さだけでコントロールでき、膜厚むらが問題にならない程度の面積の基板に応用することが可能となる。

【0035】前記引き出し電極の幅であって、前記絶縁膜と前記陰極との一部分が覆い被さる方向に略直交する方向の幅を $L1$ とし、前記陰極の前記一部分のうち前記引き出し電極側の端部の幅を $L2$ とした場合に、 $L2 > L1$ となることも好適である。

【0036】これにより、電子ビームの広がりを抑制する事が可能である。

【0037】前記陰極の前記引き出し電極と対向している側において、前記陰極が前記絶縁膜の上面を全て覆っておらず、前記絶縁膜の上面の一部が露出していることも好適である。

【0038】これにより、カーボンナノチューブなどの炭素繊維を電子放出部材として使用したときに、万が一炭素繊維が陰極から垂れ下がってしまったときにも、陰極と引き出し電極とがショートする事態を回避できるのでデバイスの歩留まりを向上することができる。

【0039】前記電子放出部材が前記陰極上の前記引き出し電極と対向する側付近に設けられていることも好適である。

【0040】これにより、例えば電子放出素子を多数集積するときに、放出させたい電子放出素子に隣接する他の電子放出素子の引きだし電極によって、意図しない方向に電子が引き出される心配が無くなる。さらには、陰極の引き出し電極と対向していない側に他の引き出し電極を近づけられるので、電子放出素子同士の距離を小さくすることが可能になり、電子放出素子を高密度に集積できる。

【0041】前記電子放出部材は、炭素を主成分とする材料で構成されていることも好適である。

【0042】前記炭素を主成分とする材料は、繊維状カーボンの集合体であることも好適である。

【0043】前記繊維状カーボンの集合体は、触媒微粒子を介して成長したグラファイトナノファイバー、カーボンナノチューブ、アモルファスカーボンもしくはこれらの混合物からなることも好適である。

【0044】前記触媒微粒子は、Pd, Ni, Fe, Co若しくはこれらの合金からなることも好適である。

【0045】電子源にあつては、上記記載の電子放出素子を複数個並列に配置し結線してなる素子列を少なくとも1列以上有してなることを特徴とする。

【0046】電子源にあつては、上記記載の電子放出素子を複数個配列してなる素子列を少なくとも1列以上有し、該素子を駆動するための配線がマトリクス配置され



ていることを特徴とする。

【0047】画像形成装置にあっては、上記記載の電子源と、該電子源から放出された電子によって画像を形成する画像形成部材と、を備えることを特徴とする。

【0048】前記画像形成部材は、電子の衝突によって発光する蛍光体であることも好適である。

【0049】情報信号により各電子放出素子の電子量を制御する機構を備えたことも好適である。

【0050】

【発明の実施の形態】以下に図面を参照して、この発明の好適な実施の形態を例示的に詳しく説明する。ただし、この実施の形態に記載されている構成部品の寸法、材質、形状それらの相対配置などは、発明が適用される装置の構成や各種条件により適宜変更されるべきものであり、この発明の範囲を以下の実施の形態に限定する趣旨のものではない。

【0051】(第1の実施の形態)図1は本発明の第1の実施の形態に係る電子放出素子を示す概略図である。図1(a)は基板1の上面から、また(b)はA-A'断面を側面から見たものである。

【0052】図に示す本実施の形態に係る電子放出素子において、1は絶縁性の基板、2は第1の電極としての引き出し電極、3は第2の電極としての陰極、4は絶縁膜(絶縁層)、5は電子放出部材を示しており、電子放出素子は、概略、基板1と、基板1上に積層される引き出し電極2と、基板1及び引き出し電極2上に積層される絶縁膜4と、絶縁膜4上に積層される陰極3と、陰極3上に設けられた電子放出部材5と、を備えている。

【0053】基板1の材料としては、表面を十分に洗浄した、石英ガラス、Na等の不純物含有量を減少させK等に一部置換したガラス、青板ガラス及びシリコン基板等にスパッタ法などによってSiO<sub>2</sub>を積層した積層体、アルミナなどのセラミックの絶縁性基板が挙げられる。

【0054】引き出し電極2及び陰極3は導電性を有しており、蒸着法、スパッタ法などの一般的真空成膜技術、フォトリソグラフィ技術によって形成される。

【0055】引き出し電極2及び陰極3の材料には例えば、炭素、金属、金属の窒化物、金属の炭化物、金属のホウ化物、半導体、半導体の金属化合物から適宜選択される。また、引き出し電極2及び陰極3の厚さは、数十nmから数十μmの範囲で選択される。

【0056】絶縁膜4はスパッタ法などの一般的真空成膜技術、フォトリソグラフィ技術によって形成される。絶縁膜4の材料には例えば、SiO<sub>2</sub>、SiN、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などの絶縁性材料から適宜選択される。絶縁膜4の厚さは、数十nmから数十μmの範囲で選択される。

【0057】電子放出部材5はスパッタ法等の一般的な真空成膜法等で堆積した膜をRIE(Reactive Ion Etching)などの手法を用いてエミッ

ター形状に加工する場合と、CVD(Chemical Vapor Deposition)における核成長を利用した針状結晶の成長や、ひげ結晶の成長などを利用する場合と、予めアーク放電などで作製した炭素繊維をペーストにして、スクリーン印刷などで塗布する場合と、陰極3上に触媒微粒子を散布し炭化水素雰囲気中でのCVDなどで炭素繊維を成長させて作製する場合などがある。

【0058】エミッター形状の制御はRIEの場合には用いる基板の種類、ガスの種類、ガス圧力(流量)、エッチング時間、プラズマを形成する時のエネルギーなどに依存する。

【0059】一方、CVDによる形成方法では基板の種類、ガスの種類、流量、成長温度などで制御される。電子放出部材5に用いる材料は、TiC、ZrC、HfC、TaC、SiC、WC等の炭化物、アモルファスカーボン、グラファイト、ダイヤモンドライクカーボン、ダイヤモンドを分散した炭素及び炭素化合物等、あるいはカーボンナノチューブ、グラファイトナノファイバーなどの炭素繊維などが良い。

【0060】その中でも今回は触媒を利用して成長した炭素繊維を使用した。

【0061】炭素繊維の成長に使用する触媒材料としてはFe、Co、Pd、Niなどを使用することができる。特に、Pd、Co、Niにおいては低温(350℃以上の温度)でグラファイトナノファイバーを生成することが可能である。

【0062】Feなどを用いたカーボンナノチューブの生成温度は800℃以上必要であることから、低温で生成可能なグラファイトナノファイバーは、他部材へ影響や、製造コストを低減するという観点で好ましい。

【0063】前述した炭化水素ガスとしては、例えば、エチレン、メタン、プロパン、プロピレン、アセチレンなどのガスを用いる。また炭化水素ガスの代わりにCO、CO<sub>2</sub>などの炭酸ガスやエタノール、アセトンなどの有機溶剤の蒸気を用いることもできる。

【0064】ここで、本実施の形態の特徴的な構成として、図1(b)のA-A'断面図に示されているように、引き出し電極2と陰極3とは絶縁膜4を挟んで、一部分のみが重なり合っている、すなわち、基板の上面から見て絶縁膜4と陰極3との一部分が引き出し電極2に覆い被さっている(絶縁膜4と陰極3との一部領域は、引き出し電極2の一部領域を介して基板1上に積層されている)。

【0065】本発明者らは、電子放出素子を上面から観察したときに引き出し電極2と陰極3とのごく一部分のみが重なり合うような電極配置にすることで問題点を解決できることを見いだした。

【0066】すなわち、絶縁膜4をはさんで引き出し電極2と陰極3とが重なり合う面積が縮小すれば、寄生容

量(キャパシタンス)が大幅に低減できるので、電子放出素子を高速に駆動することができ、さらに、消費電力を低減することができるようになるので画像形成装置に適用する場合にも有利となる。

【0067】さらに、従来のようにポリイミドにより嵩上げを行わなくてもよいのでプロセスの歩留まり、デバイス信頼性ととも向上させることができ、コストが低減する。

【0068】さらに、引き出し電極2と陰極3との距離が絶縁膜4の厚さだけでコントロールできる特徴もある。例えば、絶縁膜4をプラズマCVDで成膜する場合には $600 \times 720 \text{ mm}^2$ 基板で膜厚ばらつきを10%以内に抑えることができるので、大型基板にでも均一性良く電子放出素子を作り込むことができる。

【0069】また、陰極3からみて引き出し電極2が陽極(図示しないが基板1に平行に対向して設けられている)と反対側に位置しているために、引き出し電極2に正の駆動電圧を与えて陰極3から引き出される電子は、引き出し電極2に衝突、吸収されずに陽極に到達することができる。

【0070】結果、陰極3から引き出された電子の内のほとんどが陽極に到達でき、効率が上がることになる。

【0071】以上に記載した電子放出素子の作製方法について図2に詳細に記述した。

【0072】まず、(a)において絶縁性の基板1に石英基板を使用し、その上に引き出し電極2を作製した。引き出し電極2はTi/Ptをそれぞれ $500/500 \text{ \AA}$ の厚さにEB蒸着したものであり、リフトオフ法にて作製した。

【0073】次に、(b)において絶縁膜4、陰極3、触媒6を順に積層した。

【0074】絶縁膜4は $\text{SiO}_2$ をスパッタ法にて $1 \mu\text{m}$ の厚さ蒸着したものであり、陰極3はTi/Ptをそれぞれ $500/500 \text{ \AA}$ の厚さにスパッタ蒸着したものであり、触媒6はPdを $5 \text{ nm}$ の厚さにスパッタ蒸着したものである。

【0075】次に、(c)においてレジスト7を絶縁膜4、陰極3、触媒6の残すべき部分を覆う様にパターンニングして、このレジスト7をマスクにして触媒6、陰極3、絶縁膜4に対して順にドライエッチングを行った。触媒6と陰極3のドライエッチングの条件は $\text{Ar}$ ,  $30 \text{ sccm}$  ( $1 \text{ sccm} = 1.68 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ),  $0.5 \text{ Pa}$ ,  $300 \text{ W}$ であり、絶縁膜4のドライエッチングの条件は $\text{SF}_6$ ,  $50 \text{ sccm}$ ,  $2 \text{ Pa}$ ,  $300 \text{ W}$ であった。

【0076】次に、(d)においてレジスト7を剥離して触媒6を露出させた。レジスト7の剥離は約 $70^\circ\text{C}$ に加熱した剥離液に基板1を浸すことにより行った。

【0077】最後に、(e)において電子放出部材5となる炭素繊維を成長させて、電子放出素子を完成させ

た。

【0078】今回は圧力 $1 \text{ Pa}$ エチレングス雰囲気中で、基板1を $600^\circ\text{C}$ に加熱し、1時間待機することで長さが約 $2 \mu\text{m}$ 、太さが $10 \text{ nm}$ のグラファイトナノファイバーを成長した。

【0079】(第2の実施の形態)図3は、本発明の第2の実施の形態に係る電子放出素子の概略図である。図3(a)は基板1の上面から、また(b)はA-A'断面を側面から、(c)はB-B'断面を側面から見たものである。なお、上述した実施の形態と同様の構成部分については同一の符号を付して、その説明は省略する。

【0080】本実施の形態の特徴的な構成としては、第1の実施の形態に係る電子放出素子に対して、陰極3上の電子放出部材5の配置が、引き出し電極2側の電子放出部材5の幅を $L_2$ とし、電子放出部材5側の引き出し電極2の幅を $L_1$ とした場合に、 $L_2 > L_1$ となるように設けている。

【0081】このような素子構成として真空装置内に設置し、基板から所定の高さの位置に陽極(以下アノード)を設け、陰極3に対して引き出し電極2にある正の電圧 $V_f$ 、陰極3に対してアノードにある正の電圧 $V_a$ を印加して駆動させると、この場合電子放出部材5において最も電界の集中する点は、X-Z平面図(図3(b))で見ると、図3(a)で示される電子放出部材5のうち最も引き出し電極2より、かつ、アノード側の場所(図3(a)に示すE2)となる。

【0082】また、引き出し電極2側からY-Z平面図(図3(a))で見ると、図3(c)に示すように電界集中する場所は、引出し電極2が形成されている幅 $L_1$ の近傍である。

【0083】よって、電子放出部材5において電子放出が起こりやすい場所は上記の電界集中点近傍となる。

【0084】ここで、図3(c)について、Y軸方向に電子が取り出される電界(ここでは便宜的に、Y方向電界と呼ぶ)と、アノードに向かう電界(ここではZ方向電界と呼ぶ)について考える。

【0085】 $V_f$ を増加させていく時、電子放出は上記の電子放出の起こり易い領域から始まり、 $V_f$ が大きくなる程に電子放出領域が拡大される。

【0086】電子放出部材5のある点においての放出電流密度 $J$ はその点にかかる電界 $E$ と仕事関数 $\phi$ によって決まり、Fowler-Nordheimの式によれば、電界 $E$ により放出電流密度 $J$ は指数関数的に変化する。

【0087】また、電界 $E$ は $V_f$ と引き出し電極2からの距離 $D$ 、電界増幅係数 $\beta$ (電子放出材料表面での原子レベルの凹凸及び、スピント型のエミッタの先端のような電子放出材料のマクロ的な形状効果等による)によって定められ、これらの間には $E = \beta(V_f/D)$ という関係がある。

【0088】ここで用いた電子放出部材5においての仕事関数 $\phi$ 及び、 $\beta$ を同一とすると、電子放出は引出し電極2からの距離Dによって左右される。

【0089】本実施の形態に係る電子放出素子では図3(a)のように電子放出部材5の形成領域幅L2を、引出し電極2の幅L1よりも広くする事により、図3(c)に示すようにY-Z平面にて、形成した電子放出部材5において等電位面が曲がりY方向電界の歪みを生じる電子放出部材5の端部EまたはE'の部分と引出し電極からの距離を遠くしてその部分の電界を弱め、端部EまたはE'の部分からの電子放出を抑制する。

【0090】電子放出を、図3(c)に示すように、Y-Z平面図においてY方向電界の歪みのない引き出し電極2の幅L1近傍からのみ起こさせる事により、放出された電子ビームのY方向への広がりを抑制する事ができる。

【0091】図4に比較例を示すようにL1よりもL2のほうが狭くなる時又は、L2とL1が同程度の時は、電子放出部材5の端部(Y方向電界が歪む領域)から放出された電子が周辺の電場の歪みにそってY方向に広がっていく事になる。

【0092】さらに、電子放出部材5の端部ではマクロ的な形状効果が働き、他の領域よりも電子が放出し易いため、電子ビーム形状に対する端部から放出された電子の影響は無視する事ができず好ましくない。

【0093】次に、図3(b)について、引き出し電極方向であるX軸方向に電子が取り出される電界(X方向電界と呼ぶ)と、アノードに向かう電界(Z方向電界と呼ぶ)について考える。

【0094】電子放出部材5から放出された電子は最初、X方向電界によって引き出され、引き出し電極に向かった後に、Z方向電界によって引き上げられアノードに到達する。

【0095】このときX方向電界とZ方向電界の強度比及び電子放出点の相対位置が重要となる。

【0096】X方向電界が、Z方向電界と比較して桁で強い場合には、取り出された電子のほとんどは、X方向電界で形成される放射状電位によって次第に軌道を曲げられ、引き出し電極2に向かう軌道をとる。

【0097】引き出し電極2に衝突した電子は散乱によって再び放出され、Z方向電界に捉えられるまでは、何度も楕円に似た軌道を描いてゲート上を広がりながら、自ら電子の数を減じながら散乱を繰り返す事となる。

【0098】本実施の形態の電子放出素子では、X方向電界とZ方向電界とを同程度にする事で、取り出された電子は、やはり放射状電位によって軌道が曲げられるものの、電界による束縛がゆるくなり、引き出し電極2に衝突することなしにZ方向電界に捉えられる電子軌道が出現させる事が可能である。

【0099】さらに、X方向電界とZ方向電界が同程度

の時、電子の放出点位置を、引き出し電極2の属する平面からアノードの属する平面側に持ち上げる(図3

(b)に示すように)と、放出された電子は全く引き出し電極2に衝突せずに、Z方向電界に捉えられる軌道を描くことが可能である。

【0100】以上のような効果により、本実施の形態に係る電子放出素子によれば、電子ビームの広がりを少なくする事が可能である。したがって、より高精細な画像を得ることが可能となる。

【0101】(第3の実施の形態)図5は本発明の第3の実施の形態に係る電子放出素子を示す概略図である。図5(a)は基板1の上面から、また(b)はA-A'断面を側面から見たものである。なお、上述した実施の形態と同様の構成部分については同一の符号を付して、その説明は省略する。

【0102】本実施の形態では、第1の実施の形態に係る電子放出素子に対して、陰極3の引き出し電極2と対向している側において、陰極3が絶縁膜4の上面を全て覆っておらず、絶縁膜4の上面の一部が露出している(基板1に直交する方向に投影した場合に、絶縁膜4と陰極3との一部領域が積層されていない引き出し電極2の領域と、引き出し電極2上に設けられた陰極3の領域とは、絶縁膜4を介して設けられている)。

【0103】図5のような形態をとると、例えば電子放出部材5にカーボンナノファイバの様な炭素繊維を採用したときに、炭素繊維が上部にある陰極3から下部にある引き出し電極2に垂れ下がって接触し、陰極3と引き出し電極2とが電氣的に短絡することを予防できる。

【0104】陰極3と引き出し電極2とが短絡してしまうと電子放出素子が電子を放出しなくなるので、電子放出素子を以上のような形態にすることで素子の歩留まりが向上し、ついでには多くの電子放出素子を基板に作り込むことが可能になる。

【0105】以上に記載した電子放出素子の作製方法について図6に詳細に記述した。

【0106】まず、(a)において絶縁性の基板1にNa等の不純物含有量を減少させK等に一部置換したガラスを使用し、その上に引き出し電極2を作製した。

【0107】引き出し電極2はCr/Ptをそれぞれ500/500Åの厚さにEB蒸着したものであり、リフトオフ法にて作製した。

【0108】次に、(b)において絶縁膜4、陰極3、触媒6を順に積層し、さらに陰極3、と触媒6の必要部分のみを覆うようにレジスト7をパターンニングした。

【0109】絶縁膜4はSiO<sub>2</sub>をプラズマCVD法にて1μmの厚さ堆積させたものであり、陰極3はCr/Ptをそれぞれ500/500Åの厚さにスパッタ蒸着したものであり、触媒6はNiを5nmの厚さにスパッタ蒸着したものである。

【0110】次に、(c)においてレジスト7をマスク

にして陰極3、触媒6に対して順にドライエッチングを行った。触媒6と陰極3のドライエッチングの条件はAr, 30 sccm, 0.5 Pa, 300 Wであった。

【0111】次に、(d)においてレジスト7を剥離して、さらに絶縁膜の残す部分を覆うようにレジスト8をパターンニングして、このレジスト8をマスクにして絶縁膜4をドライエッチングした。

【0112】レジスト7の剥離は約70℃に加熱した剥離液に基板1を浸すことにより行った。また絶縁膜4のドライエッチングの条件はSF<sub>6</sub>, 50 sccm, 2 Pa, 300 Wであった。

【0113】次に、(e)において、(d)と同様にしてレジスト8を剥離した。

【0114】最後に、(f)において電子放出部材5となる炭素繊維を成長させて、電子放出素子を完成させた。

【0115】今回は圧力0.1 Paアセトン蒸気雰囲気中で、基板1を500℃に加熱し、1時間待機することで長さが約2 μm、太さが10 nmのグラファイトナノファイバーを成長した。

【0116】(第4の実施の形態)図7は本発明の第4の実施の形態に係る電子放出素子を示す概略図である。図7(a)は基板1の上面から、また(b)はA-A'断面を側面から見たものである。なお、上述した実施の形態と同様の構成部分については同一の符号を付して、その説明は省略する。

【0117】本実施の形態では、第1の実施の形態に対して、陰極3の引き出し電極2と対向している側において、陰極3が絶縁膜4の上面を全て覆っておらず、絶縁膜4の上面の一部が露出している。さらに、電子放出部材5が陰極3上の引き出し電極2と対向する側付近にのみ設けられている(電子放出部材5は、陰極3上であって、引き出し電極2の一部領域を介して基板1上に積層され引き出し電極2の一部領域に略対向した領域に設けられている)。

【0118】図7に示す本実施の形態のような形態をとることで、陰極3の引き出し電極2と対向していない側に他の引き出し電極2を近づけられるので、例えば電子放出素子を高密度に集積したいときに有利である。

【0119】以上に記載した電子放出素子の作製方法について図8に詳細に記述した。

【0120】まず、(a)において絶縁性の基板1に青板ガラスを使用し、その上に引き出し電極2を作製した。

【0121】引き出し電極2はCr/Ptをそれぞれ500/500 Åの厚さでスパッタ法にて蒸着し、引き出し電極2を作製したい箇所にレジストをパターンニングして、そのレジストをマスクにしてドライエッチングをして作製した。

【0122】次に、(b)において絶縁膜4を積層し、

さらに絶縁膜4の必要な部分のみを覆うようにレジストをパターンニングして、そのレジストをマスクにしてドライエッチングをして所望の形状を得た。

【0123】絶縁膜4はSiO<sub>2</sub>をプラズマCVD法にて1 μmの厚さ堆積させたものであり、絶縁膜4のドライエッチングの条件はSF<sub>6</sub>, 50 sccm, 2 Pa, 300 Wであった。

【0124】次に、(c)において絶縁膜4上の陰極3を作製したい箇所のみが露出するようにレジスト7をパターンニングをして、その上から陰極3を蒸着した。

【0125】陰極3にはTi/Ptをそれぞれ500/500 Åの厚さにEB蒸着したものを使用した。

【0126】次に、(d)において陰極3の引き出し電極2と対向する側付近のみが露出するようにレジスト8をパターンニングして、その上から触媒6を蒸着した。

【0127】触媒6はスパッタ法にてCoを10 nmの厚さ蒸着したものを使用した。

【0128】次に、(e)においてレジスト7とレジスト8を同時に剥離した。

【0129】レジスト7及びレジスト8の剥離は約70℃に加熱した剥離液に基板1を浸すことにより行った。

【0130】最後に、(f)において電子放出部材5となる炭素繊維を成長させて、電子放出素子を完成させた。

【0131】今回は圧力0.5 Paアセチレンガス雰囲気中で基板1を500℃に加熱し、1時間待機することで長さが約2 μm、太さが10 nmのグラファイトナノファイバーを成長した。

【0132】以上の様な方法で電子放出素子をマトリックス状に作製した電子源を図9に示す。

【0133】この時、電子放出素子は50 μm間隔で配置されており、1000×1000のマトリックス内での絶縁膜4の膜厚ばらつきはほとんど0%であった。絶縁膜4の厚さが2 μmの時、電子放出素子の陰極3と引き出し電極2との間に電圧を印加することで電子が放出し始めるしきい値電圧は6 Vであった。さらに、マトリックス内の各々の電子放出素子のしきい値電圧のばらつきは1%以内に納めることができた。

【0134】以上の測定は、基板1に対向して平行になるように陽極板(図示せず)を設置して、陽極板に陰極3に対して正電圧2 kVを印加して、2×10<sup>-8</sup> Torr (2.66×10<sup>-6</sup> Pa)の真空中で行った。

【0135】図9の電子源内の各々の電流放出素子では、電子放出部材5が陰極3上の引き出し電極2と対向する側近傍にのみ設けた。これにより、素子同士を近づけても隣接する素子の引き出し電極2に印加される電圧によって、電子放出部材5から電子が他方向に引き出される心配がない。結果として、電子放出素子が高密度に集積された電子源を作製することができ、高精細な画像形成装置を作製する場合などに有利である。

【0136】図10は図9に示した電子放出素子がマトリックス状に配置されている電子源を利用して、情報信号により各電子放出素子の電子量を制御する機構を備えた画像形成装置を構成したものを示す図である。

【0137】図10において、71は電子放出素子を複数配した電子源基体、81は電子源基体71を固定したリアプレート、86はガラス基体83の内面に蛍光膜（画像形成部材としての蛍光体）84とメタルバック85等が形成されたフェースプレートである。

【0138】82は支持枠であって、リアプレート81、フェースプレート86がフリットガラス等を用いて接続されている。87は外囲器であり、真空中で450度程度の温度で10分焼成することで封着して構成される。74は電子放出素子に相当する。72は引き出し電極、73は陰極である。

【0139】外囲器87は、上述の如く、フェースプレート86、支持枠82、リアプレート81で構成される。一方、フェースプレート86、リアプレート81間に、スペーサーとよばれる不図示の支持体を設置することにより、大気圧に対して十分な強度をもつ外囲器87を構成した。

【0140】メタルバックは、蛍光膜作製後、蛍光膜の内面側表面の平滑化处理（通常、「フィルミング」と呼ばれる。）を行い、その後A1を真空蒸着等を用いて堆積させることで作られた。

【0141】フェースプレート86には、更に蛍光膜84の導電性を高めるため、蛍光膜84の外側面に透明電極（不図示）を設けた。前述の封着を行なう際には、カラーの場合は各色蛍光体と電子放出素子とを対応させる必要があり、十分な位置合わせが不可欠となる。

【0142】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、高効率、高信頼性、高速駆動可能、低消費電力、高プロセス歩留まり、大面積基板対応可能、高精細に対応可能な電子放出素子、電子源、及び画像形成装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る電子放出素子を示す概略図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態に係る電子放出素子の作製方法を示す概略図である。

【図3】本発明の第2の実施の形態に係る電子放出素子を示す概略図である。

【図4】本発明の第2の実施の形態に係る電子放出素子と比較する電子放出素子を示す概略図である。

【図5】本発明の第3の実施の形態に係る電子放出素子を示す概略図である。

【図6】本発明の第3の実施の形態に係る電子放出素子の作製方法を示す概略図である。

【図7】本発明の第4の実施の形態に係る電子放出素子を示す概略図である。

【図8】本発明の第4の実施の形態に係る電子放出素子の作製方法を示す概略図である。

【図9】本発明の第4の実施の形態に係る電子放出素子をマトリックス配置して作製した電子源を示す概略図である。

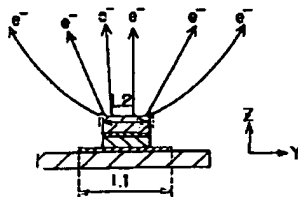
【図10】本発明の第4の実施の形態に係る電子源を利用した画像形成装置を示す概略図である。

【図11】従来例を示す概略図である。

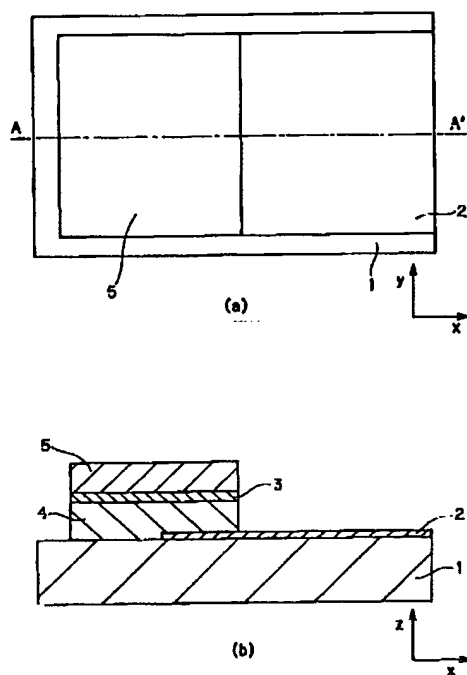
【符号の説明】

- 1 基板
- 2 引きだし電極
- 3 陰極
- 4 絶縁膜
- 5 電子放出部材
- 6 触媒
- 7, 8 レジスト
- 71 電子源基体
- 72 引きだし電極
- 73 陰極
- 74 電子放出素子
- 81 リアプレート
- 82 支持枠
- 83 ガラス基体
- 84 蛍光膜
- 85 メタルバック
- 86 フェースプレート
- 87 外囲器

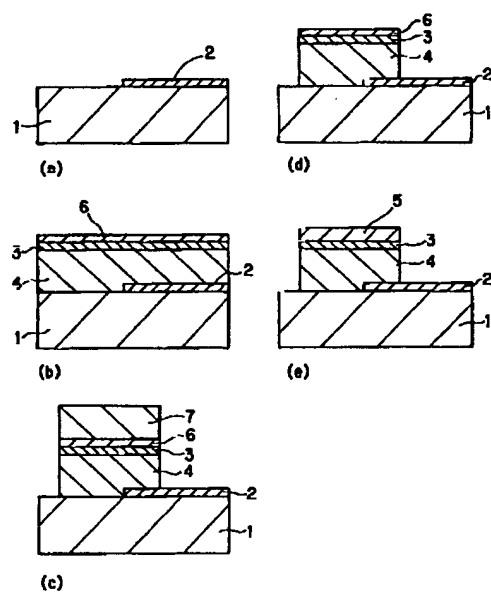
【図4】



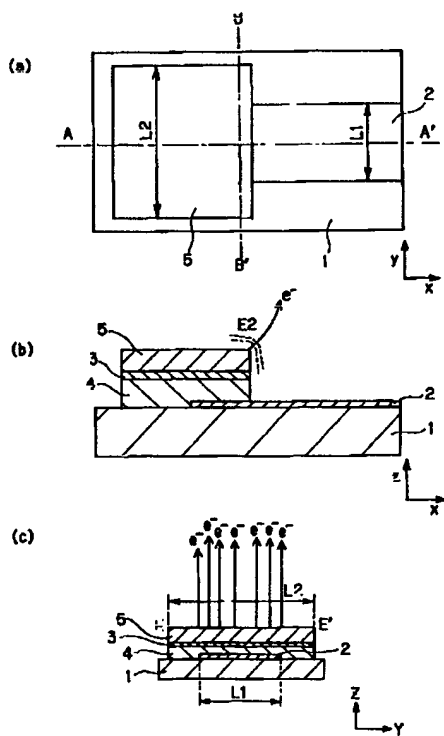
【図1】



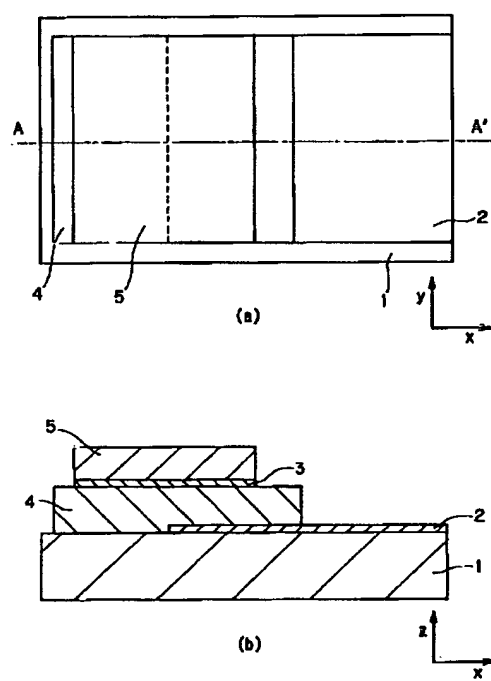
【図2】



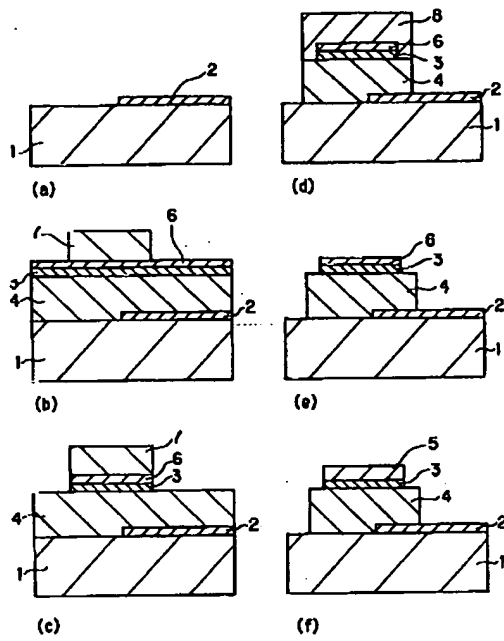
【図3】



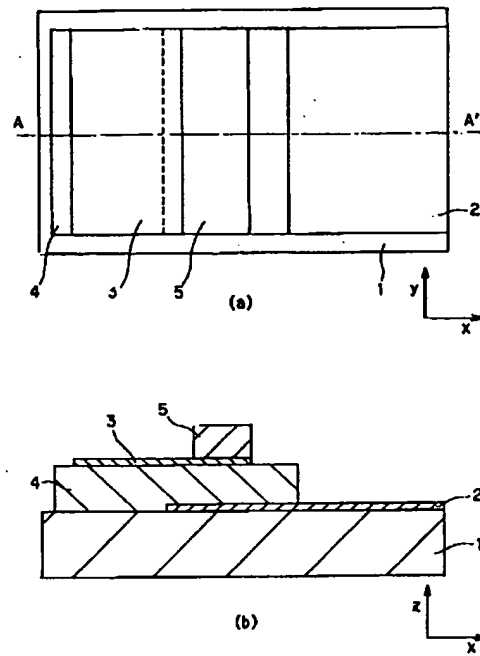
【図5】



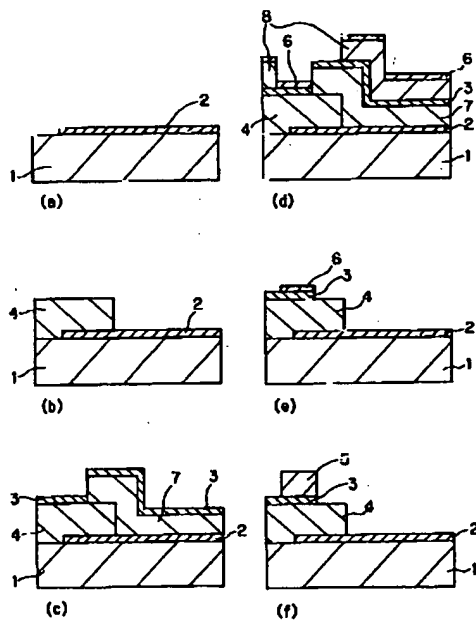
【図6】



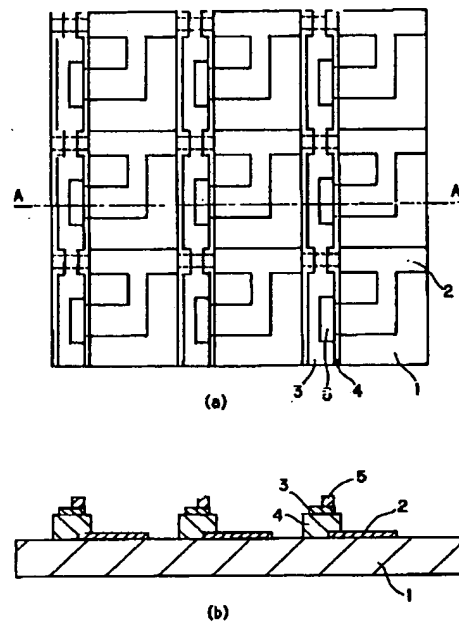
【図7】



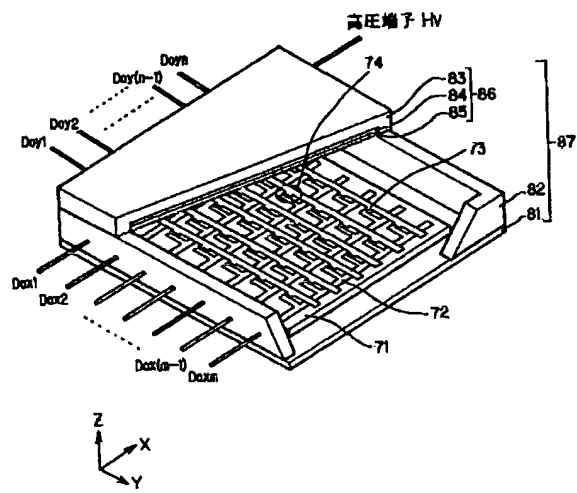
【図8】



【図9】



【图10】



【图11】

